

**NASKAH PUBLIKASI**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DENGAN PROSES  
NISSAN KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN**

**Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan  
Tingkat Strata Satu Di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**



**Oleh :**

**ERNA SUSANTI**

**D 500 100 011**

**Dosen pembimbing :**

- 1. Ir. Herry Purnama, MT, PhD**
- 2. Ir. Haryanto, AR, MS**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2014**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**

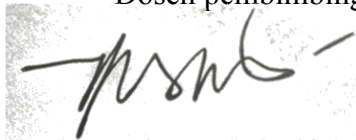
---

Nama : Erna Susanti  
NIM : D 500 100 011  
Judul Tugas Prarancangan Pabrik : Prarancangan Pabrik Asam Fosfat dengan  
Proses Nissan Kapasitas 150.000ton/tahun.  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.  
2. Ir. Haryanto AR, MS.

Surakarta, 24 Desember 2014

Menyetujui,

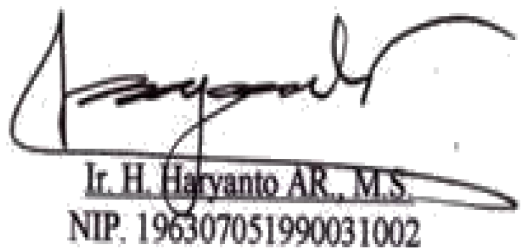
Dosen pembimbing I



Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.

NIK: 664

Dosen pembimbing II



Ir. H. Haryanto AR, MS.  
NIP. 196307051990031002

## INTISARI

Perkembangan pabrik di Indonesia yang sangat pesat menjadikan Indonesia sebagai salah satu kawasan Industri di Asia, terutama untuk pabrik pupuk sendiri, karena Indonesia merupakan negara agraris sehingga daya beli untuk pupuk pun sangatlah tinggi, sedangkan bahan baku pembuatan pupuknya pun masih di impor sehingga kurang menguntungkan dari segi finansial, maka di buatlah Pabrik Asam Fosfat sebagai upaya untuk menanggulangi impor asam fosfat dari luar negeri.

Pembuatan asam fosfat ini dibuat dengan cara mereaksikan batuan fosfat dengan asam sulfat dengan perbandingan 4,88 : 4,04 mol. Suhu reaksi 85 °C dengan tekanan 1 atm dan reaksi ini bersifat endotermis.

Pabrik ini berkapasitas 150.000 ton/tahun, dengan kebutuhan bahan baku  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  sebesar 33.108,6080 kg/jam dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebesar 27.409,5853 kg/jam. Untuk unit pendukung utilitasnya sendiri antara lain air yaitu kebutuhannya sebesar 3.559.559 kg/jam, listrik sebesar 702 kW, dan juga bahan bakar sebesar 106,44 L/jam. Pabrik asam fosfat ini direncanakan akan di bangun di Mojokerto, Jawa timur dengan luas di perkirakan 5.830 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan sekitar 110 orang.

Dari hasil analisis ekonomi diperoleh, *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 32,48% dan setelah pajak sebesar 22,73%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2,35 tahun dan setelah pajak yakni 3,15 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 41,73% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25,08%. *Discounted Cash Flow* (DFC) sebesar 21,06%. Menurut data tersebut maka pabrik asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : asam fosfat, batuan fosfat, asam sulfat

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Berkembangnya pembangunan pabrik industri di Indonesia sekarang ini membuat pembangunan pabrik asam fosfat yang akan didirikan menjadi sangat potensial, hal ini dikarenakan permintaan asam fosfat di Indonesia sendiri sangatlah tinggi terutama untuk bahan baku pembuatan pupuk, namun untuk memenuhi kebutuhan tersebut Indonesia biasanya mengimpor asam fosfat dari negara lain, dari data kebutuhan asam fosfat sendiri untuk tahun 2012 yaitu sebesar 304.764 ton/tahun (Badan pusat statistik, 2012).

Asam fosfat adalah bahan utama untuk pembuatan pupuk yang banyak digunakan adalah  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  atau trikalsium fosfat. (Austin, 1996). Proses pembuatan asam fosfat tidak boleh dengan suhu yang terlalu tinggi karena dengan suhu tinggi nanti yang terendapkan bukanlah *gypsumnya*, melainkan anhidritnya. Apabila yang terendapkan adalah anhidritnya maka

akan terhidrasi kemudian menimbulkan kerak dan dapat mengganggu jalannya reaksi.

Asam fosfat dibuat dari batuan fosfat dan asam sulfat, bahan baku tersebut diperoleh dari luar dan dalam negeri. Untuk batuan fosfat didapatkan dari Cina sedangkan asam sulfatnya dari PT. Petrokimia Gresik dengan mempertimbangkan harga sehingga memungkinkan untuk mendirikan pabrik asam fosfat di Indonesia.

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengatasi impor asam fosfat dari luar negeri.
2. Menghemat devisa negara dengan pendirian pabrik ini sehingga banyak menyerap tenaga kerja di Indonesia.
3. Memenuhi permintaan kebutuhan asam fosfat di dalam negeri.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

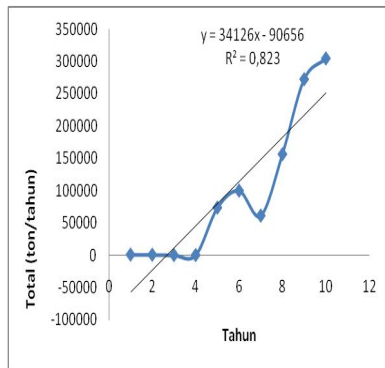
### **2.1 Kapasitas Rancangan Produksi**

Menurut data statistik kebutuhan asam fosfat di Indonesia, mengalami kenaikan walaupun sempat turun pada tahun tertentu namun kembali

meningkat lagi, dapat dilihat dari Tabel 1 sebagai berikut:

Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/tahun)
2003	750,937
2004	627,978
2005	156,332
2006	154,402
2007	73639,94
2008	99995,86
2009	61274,43
2010	156458,7
2011	272548,5
2012	304764

(Badan Pusat Statistik, 2012)



Gambar 1. Impor Asam Fosfat di  
Indonesia tahun 2003-2012

Dilihat dari dari diatas terlihat bahwa impor asam fosfat mengalami fluktuasi namun beberapa tahun kemudian kembali meningkat dan

didapatkan persamaan:

$y = 34126x - 90656$ , dengan  $y$  adalah data impor asam fosfat sedangkan  $x$  adalah tahun. Maka kebutuhan asam fosfat pada tahun 2016 yang dihitung dari persamaan yaitu sebesar 352.982 ton/tahun. Sehingga ditetapkan pabrik yang akan dibangun berkapasitas 150.000 ton/tahun karena dilihat juga pabrik yang sudah berdiri contohnya PT. Petrokimia gresik yang berkapasitas 200.000 ton/tahun. Sedangkan dilihat dari ketersediaan bahan baku, tenaga kerja, sarana transportasi, pemasaran produk, fasilitas seperti air, listrik, perpajakan dan kebijakan pemerintah, maka ditetapkan lokasi pabriknya di Mojokerto, Jawa Timur.

## 2.2 Proses Produksi Asam Fosfat

Proses pembuatan asam fosfat dapat dibagi menjadi 4 antara lain:

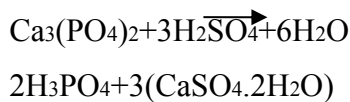
1. Proses *Prayon Dihydrat*
2. Proses *Jacob Dorr Dihydrat*
3. Proses *Central Prayon Dihydrat*
4. Proses *Nissan*

Berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses maka

dipilihlah proses *Nissan* karena proses ini sudah banyak digunakan, konversi  $P_2O_5$ nya tinggi yaitu 98%.

Proses *Nissan* merupakan proses basah yang sederhana dengan mereaksikan batuan fosfat dan asam sulfat maka terbentuklah asam fosfat.

Reaksi:

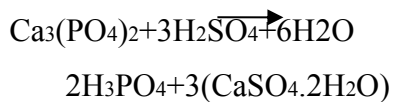


Dari trikalsium fosfat yang direaksikan dengan asam sulfat maka akan terbentuk asam fosfat dan juga *gypsum* (Kirk & Othmer, 1998).

## METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 Tinjauan Termodinamika

Dilihat dari tinjauan termodinamikanya dalam menentukan sifat reaksi dapat ditetapkan dari harga entalpi dan juga konstanta kesetimbangan reaksi. Berikut adalah data  $\Delta H_f^\circ$  pada suhu 298 K:



Diketahui pada suhu 25 °C:

$$\begin{aligned}\Delta H_f^\circ Ca_3(PO_4)_2 &= -234,87 \text{ kkal/mol} \\ \Delta H_f^\circ H_2SO_4 &= -193,91 \text{ kkal/mol} \\ \Delta H_f^\circ H_2O &= -68,3174 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_f^\circ H_3PO_4 &= -306,2 \text{ kkal/mol} \\ \Delta H_f^\circ CaSO_4 \cdot 2H_2O &= -483,06 \text{ kkal/mol} \\ (\text{Perry}, 1999)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_r^\circ &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} \\ &= ((\Delta H_f^\circ 2H_3PO_4 + \Delta H_f^\circ 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O)) \\ &\quad - ((\Delta H_f^\circ Ca_3(PO_4)_2 + \Delta H_f^\circ 3(H_2SO_4) + 6(H_2O))) \\ &= ((2 \times (-306,2) + (3 \times (-483,06))) - ((-234,87 \\ &\quad + (3 \times (-193,91) + (6 \times (-68,3174)) \\ &= 389,6344 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

Karena harga  $\Delta H_r^\circ$  positif maka reaksi ini bersifat endotermis. Kemudian dilihat dari energi Gibbs ( $\Delta G_r$ ) pada suhu yang sama yakni 25 °C yaitu:

$$\begin{aligned}\Delta G_f^\circ Ca_3(PO_4)_2 &= -624,20 \text{ kkal/mol} \\ \Delta G_f^\circ H_2SO_4 &= -156,078 \text{ kkal/mol} \\ \Delta G_f^\circ H_2O &= -56,6899 \text{ kkal/mol} \\ \Delta G_f^\circ H_3PO_4 &= -204 \text{ kkal/mol} \\ \Delta G_f^\circ CaSO_4 \cdot 2H_2O &= -425,47 \text{ kkal/mol} \\ (\text{Perry}, 1999)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_r^\circ &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} \\ &= ((\Delta G_f^\circ 2H_3PO_4 + \Delta G_f^\circ 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O)) \\ &\quad - ((\Delta G_f^\circ Ca_3(PO_4)_2 + \Delta G_f^\circ 3(H_2SO_4) + 6(H_2O))) \\ &= ((-204 + 3 \times (-425,47)) - ((-642,20 + 3 \times \\ &\quad (-156,078) + 6 \times (-56,6899)) \\ &= -251,8366 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

Untuk harga K pada suhu 85 °C yaitu:

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_{298}$$

$$\ln \frac{K_{operasi}}{K_{298}} = \frac{\Delta G}{R} \times \frac{T - T_{ref}}{T \times T_{ref}}$$

$$\ln \frac{K_{operasi}}{42309} = \frac{308}{8,314} \times \frac{1}{385} - \frac{1}{298}$$

$$= 2,225118 \times 10^{207}$$

Harga K yang diperoleh >> , maka menunjukkan bahwa reaksi yang berlangsung adalah *irreversibel*.

### 3.2 Tinjauan Kinetika

Reaksi sempurna yaitu:

$$\tau = \frac{\rho_B \cdot R_o^2}{2b \cdot D \cdot C \cdot AS}$$

$$t = \tau \left\{ 1 - \left( \frac{R}{R_o} \right)^2 \right\}$$

$$\frac{t}{\tau} = \left\{ 1 - \left( \frac{R}{R_o} \right)^2 \right\}$$

Jika diketahui fraksi konversi maka:

$$1 - X_B = \left( \frac{R}{R_o} \right)^3$$

$$\left( \frac{R}{R_o} \right) = (1 - X_B)^{1/3}$$

Kemudian disubstitusikan ke persamaan:

$$\frac{t}{\tau} = \left\{ 1 - \left( \frac{R}{R_o} \right)^2 \right\}$$

$$= (1 - (1 - X_B)^{2/3})$$

### 3.3 Spesifikasi Alat Utama

#### 1. Reaktor (R-01)

Kegunaan: Sebagai tempat berlangsungnya reaksi antara batuan

fosfat dengan asam sulfat. Dengan batuan fosfat sebesar 23.176,0256 kg/jam dan asam sulfat sebesar 26.861,3936 kg/jam.

Tipe: RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk)

Bahan Konstruksi: Stainless steel 316

Suhu : 85 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu tinggal : 0,824 jam

*Non adiabatis dan non isothermal*

Spesifikasi :

a. Tube

IDt : 3,068 in

ODt : 3,5 in

At : 7,38 in<sup>2</sup>

IPS : 3 in

*Schedule number* : 40

Bahan konstruksi: *Alloy steel SA 283 grade C*

b. Shell

IDs : 132,0 in = 3,3528 m

Tebal shell : 0,4375 in = 0,0111 m

Lebar Baffle : 0,3353 m

c. Head

Bentuk: *Silinder vertical* bentuk atap dan dasarnya *Torispherical*

Tinggi : 24,6834 in = 0,6269 m

Tebal : 0,4375 in = 0,0111 m

d. Reaktor

Tinggi : 4,6067 m

Jumlah : 1

## 2. Filter (H-01)

Kegunaan: memisahkan asam fosfat dari *gypsum*.

Tipe: *Rotary Drum Vacum Filter*

Bahan konstruksi: *Carbon Steel 283 grade C*

Kondisi operasi : Suhu = 85 °C

Tekanan = 1 atm

Diameter : 5,253 m

Panjang : 12,110 m

Power motor : 50 Hp

Putaran : 3 rpm

Jumlah : 1 buah

## 3. Evaporator (V-01)

Kegunaan: menguapkan air dari produk keluaran *rotary vacum filter*.

Tipe : *Long Tube Single Effect Evaporator*

Bahan konstruksi: *Stainless steel SA 353*

Dimensi HE

Diameter *shell* : 0,0190 m

Diameter *tube* : 0,0190 m

Tinggi *tube* : 3,6576 m

Kondisi operasi

Temperatur : 105 °C

Tekanan : 0,995 atm

Tinggi evaporator: 6,2654 m

Tebal *head* : 0,0063 m

Tebal *shell* : 0,0047 m

Diameter evaporator: 1,8512 m

## 4. Rotary Dryer (B-01)

Kegunaan : mengurangi kadar cairan yang ikut pada hasil padatan *gypsum*.

Tipe: *Direct contact counter current*

Panjang : 14,2447 m

Diameter : 2,1813 m

Kecepatan putar : 3,5599 rpm

Kemiringan : 0,14 m/m

Jumlah *flight* : 7

Waktu tinggal : 0,0666 jam

Daya : 25 Hp

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 79 °C

## 3.4 Langkah Operasi

Langkah-langkah pembuatan asam fosfat dapat dibagi menjadi empat tahapan, antara lain:

### a. Tahap penyiapan bahan baku



Pertama-tama mencampurkan batuan fosfat dan asam sulfat dengan perbandingan 4,88 dan 4,04 mol, dan konversinya tetap dijaga pada 97%. Batuan fosfat diangkut dengan *belt conveyor* lalu diumpankan ke bucket elevator yang kemudian diangkut ke reaktor, dengan kondisi operasi pada reaktor 85 °C dan tekanan 1 atm. Untuk asam fosfat (98%) dari tangki penyimpanan di pompa dengan pompa sentrifugal kemudian dialirkan ke reaktor.

#### **b. Tahap reaksi**

Pada tahap reaksi ini dimasukkan agar batuan fosfat dan asam sulfat bereaksi menjadi asam fosfat. Reaksi pembentukan asam fosfat terjadi di dalam reaktor yang dilengkapi dengan jaket pemanas dan juga pengaduk. Kondisi operasi di reaktor yaitu suhu 85 °C dan pada tekanan 1 atm dengan reaksi berjalan endotermis. Selain asam fosfat sebagai produk utama ada juga produk sampingnya yang berupa  $\text{SiF}_4$  (*Silicone Tetraflouride*) dan  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (*gypsum*).

#### **c. Tahap pemisahan**

Pada tahap ini produk keluaran reaktor dimasukkan ke dalam filter, yang berfungsi sebagai pemisah antara filtrat dan *cake*. Filtrat atau cairan yang terpisah lalu dimasukkan ke dalam evaporator dan untuk produk samping yang berupa *gypsum* akan dimasukkan ke *dryer* yang berfungsi untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada *gypsum* tersebut.

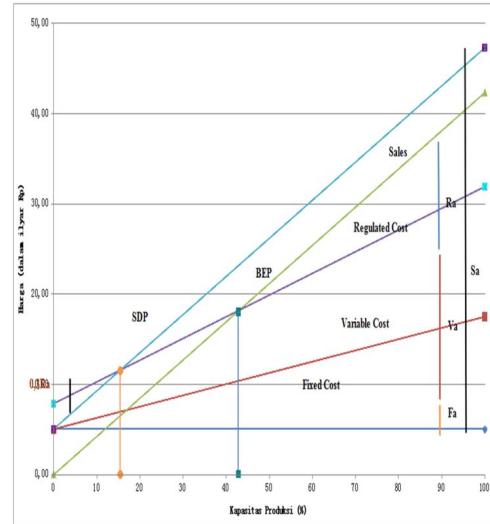
#### **d. Tahap pemurnian produk**

Filtrat atau cairan yang diperoleh dari filter yang masih encer kemudian dilakukan pemekatan dengan evaporator agar didapatkan asam fosfat pekat 85%, efvaporator yang digunakan adalah *long tube effect evaporator* sistem *forward* dengan *steam* sebagai pemanasnya.

### **HASIL PENELITIAN**

Pabrik asam fosfat ini direncanakan akan beroperasi pada 330 hari/tahun. Berdasarkan dengan hasil analisa ekonominya maka diperoleh data yaitu keuntungan setelah pajak Rp. 72.226.997.388,85. *Break Even Point* (BEP) sebesar 42,87% berada pada

tingkat minimum dengan batas yang diijinkan (40-60%). Hasil BEP sendiri sangatlah dipengaruhi oleh harga jual produk yang lebih besar daripada bahan baku, sehingga apabila selisihnya besar maka nilai dari BEPnya juga akan kecil, akan tetapi nilai ROI akan semakin tinggi apabila nilai dari BEP itu kecil, jadi ROI berbanding terbalik dengan BEP. *Percent Return On Investment* (ROI) setelah pajak yakni 21,66%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak sebesar 2,44 tahun dan setelah pajak menjadi 3,15 tahun, berada dibawah batas minimum pendirian pabrik *low risk* (*max* 5 tahun). *Shut Down Point* (SDP) sebesar 15,43%. Discounted Cash Flow (DFC) yaitu 23,13%. Apabila dilihat dari data diatas maka pabrik asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat layak untuk didirikan.



Gambar 2. Grafik Analisa Kelayakan  
Ekonomi

## KESIMPULAN

Dilihat dari hasil analisa ekonominya maka diperoleh:

1. *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 30,95% dan setelah pajak sebesar 21,66%.
2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2,44 tahun dan setelah pajak menjadi 3,15 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) dari pabrik asam fosfat ini adalah 42,87% dan *Shut Down Point* (SDP)nya sebesar 15,43%
4. *Discounted Cash Flow* (DFC) yaitu 23,13%.

Jadi dapat disimpulkan bahwa pabrik

asam fosfat dengan proses nissan kapasitas 150.000 ton/tahun **LAYAK** untuk dipertimbangkan pendiriannya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Badan Pusat Statistik, 2012, “*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*”, Jakarta.

Coulson, J.M. And Richardson, J.F., 1983, “*An Introduction to Chemical Engineering*”, Allyn and Baron Inc., Boston.

Kirk, R.E., and Othmer, V.R., 1998, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 4<sup>th</sup> ed, John Wiley & Sons Inc., New York.

Levenspiel, O., 1972, “*Chemical*

*Reaction Engineering*”, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.

Perry, R.H. and Green, D.W., 1999, “*Perry’s Chemical Engineer’s Handbook*”, 7<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill Book Company, New York.

Rase, H.F., 1977, “*Chemical Reactor Design for Process Plant*”, Volume1, 3<sup>rd</sup> edition, John Wiley Sons, New York.

Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1996, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, Prentice Hall, Englewood Cliffs., New Jersey.

Yaws, C.L., 1999, “*Thermodynamic and Physical Properties Data*”, McGraw Hill Book Co., Singapore.